
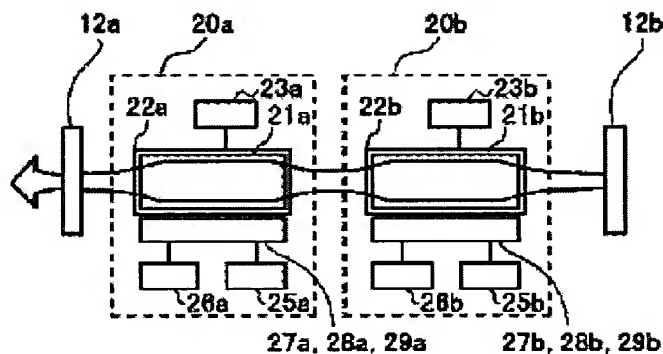


SOLID LASER DEVICE**Publication number:** JP2002050813**Publication date:** 2002-02-15**Inventor:** TAKASE TOMOHIRO**Applicant:** TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO**Classification:****- international:** *H01S3/094; H01S3/0941; H01S3/06; H01S3/08; H01S3/094; H01S3/0941; H01S3/06; H01S3/08; (IPC1-7): H01S3/094; H01S3/23***- european:** H01S3/094A; H01S3/0941**Application number:** JP20000238013 20000807**Priority number(s):** JP20000238013 20000807**Also published as:** DE10137236 (A1)**Report a data error here****Abstract of JP2002050813**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solid laser device that can obtain a high-output laser beam and at the same time has less fluctuation in heat lens effect being generated by each stimulation medium. **SOLUTION:** The level of the heat lens effect being generated in each stimulation medium is measured with a current being supplied to an LD stack as a parameter, and a current value to be supplied based on the measurement result is set and adjusted for each LD stack.

10

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-50813
(P2002-50813A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 S	3/094	H 0 1 S	5 F 0 7 2
	3/23		S

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-238013 (P2000-238013)

(22) 出願日 平成12年8月7日 (2000.8.7)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 高瀬 智裕

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株

式会社東芝生産技術センター内

(74) 代理人 100083161

弁理士 外川 英明

Fターム (参考) 5F072 AB02 AK01 AK10 JJ04 KK01

KK05 PP07 TT01 TT15 TT22

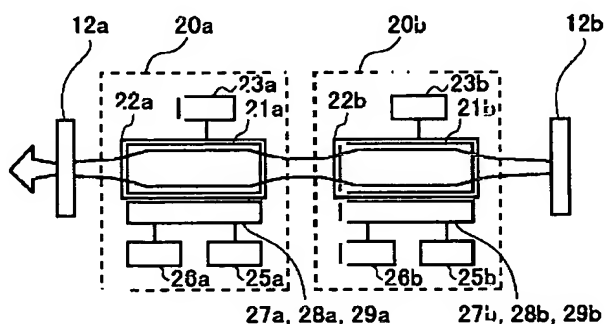
TT28

(54) 【発明の名称】 固体レーザー装置

(57) 【要約】

【課題】 高出力のレーザー光を得ることが可能であるとともに、各励起媒質で発生する熱レンズ効果のばらつきが小さな固体レーザー装置を提供すること。

【解決手段】 各励起媒質で発生する熱レンズ効果の大きさを、LDスタックに供給する電流をパラメータにとって計測し、その計測結果に基づいて供給する電流値をLDスタックごとに設定調整した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光路上に直列に配置された複数の励起媒質と、

前記励起媒質に励起光を照射するための複数の半導体レーザ装置と、

前記半導体レーザ装置に電力を供給するための電源と、
前記励起媒質の励起により発生する光を共振させる共振器と、を備える固体レーザ装置において、

前記電源は、前記各励起媒質で発生する熱レンズ効果の値が等しくなるように前記半導体レーザ装置に供給する電力が調整されていることを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項2】 光路上に直列に配置された複数の励起媒質と、

前記励起媒質に励起光を照射するための複数の励起光源と、

前記励起光源に電力を供給するための電源と、
前記励起媒質の励起により発生する光を共振させる共振器と、を備える固体レーザ装置において、

前記各励起媒質で発生する熱レンズ効果の値が等しくなるように、前記励起光源の温度調整をおこなう温度調整手段を備えていることを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項3】 前記励起光源は半導体レーザ装置であることを特徴とする請求項2記載の固体レーザ装置。

【請求項4】 光路上に直列に配置された複数の励起媒質と、

前記励起媒質に励起光を照射するための複数の励起光源と、

前記励起光源に電力を供給するための電源と、
前記励起媒質の励起により発生する光を共振させる共振器と、を備える固体レーザ装置において、

前記各励起媒質で発生する熱レンズ効果の値の値が等しくなるように、前記励起媒質ごとに前記励起媒質の温度調整を行なうための温度調整手段を備えていることを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項5】 前記励起光源は、半導体レーザ装置であることを特徴とする請求項4記載の固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の励起媒質を直列に並べて構成する固体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】高出力のレーザ光を得るために、複数の励起媒質を備える固体レーザ装置が開発されている。しかしながら複数の励起媒質を備えた固体レーザ装置の場合、各励起媒質で発生する熱レンズ効果の大きさにばらつきが生じるため、安定した発振モードを得ることおよび良好なビーム品質を得ることが困難となる。熱レンズ効果とは、励起媒質を励起した際に媒質のレーザ光軸に対して垂直な面内に、レーザの光軸をピークとした温度

分布が発生する結果、レーザの光軸をピークとした屈折率分布が生じ、光学的には肉厚レンズと同等のふるまいをする現象である。熱レンズ効果の大きさのばらつきを軽減するためには、個々の励起媒質を励起する構成を全く同様にしかつ個々の励起源への電力注入を等しくすることが考えられる。しかしながら、例えば励起源にランプを使用している場合、個々のランプ毎に劣化の進行状況が異なるため、発光スペクトルや発光効率が変化して始めは等しく保たれていた熱レンズ効果の大きさにばらつきが生じてしまう。また、励起源として半導体レーザを用いた場合、励起光パワーや中心波長の個体差が大きいため、励起媒質ごとの構成を等しくしてもやはり熱レンズ効果の大きさにばらつきが生じてしまう。これにより安定した発振モードが得られなくなる。したがって、安定した発振モードを得るためには、頻繁にランプ交換をしたり、同程度の性能を有する半導体レーザを調達したりする必要があった。

【0003】また、良好なビーム品質を得るためには、個々の励起媒質間隔を可能な限り長くすることが好ましい。しかし、励起媒質の間隔を長くすると、個々の励起媒質におけるわずかな熱レンズ効果のばらつきが発振モードを不安定にする。したがって、安定した発振モードを得るために励起媒質間隔をある程度短くし、その代わりにビーム品質を犠牲にしていた。以上述べたように安定した発振モードおよび良好なビーム品質を得るためには各励起媒質で発生する熱レンズ効果のばらつきをなくすることが前提となる。各励起媒質で発生する熱レンズ効果のばらつきを軽減する方法として、特許第2738038号公報に掲載されているように、少なくとも一つの固体素子を励起するフラッシュランプ光源を、平均投入電力が一定になるようにして点灯し、他の固体素子を励起するフラッシュランプ光源を、所望のレーザ出力が得られるように投入する電力を変化して点灯させ、さらに上記のように少なくとも一つの固体素子の熱レンズ値を補償するようにした固体レーザ装置が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この方法の場合少なくとも一つのフラッシュランプ光源の平均投入電力が一定になるようにして点灯する必要があるため、高出力のレーザ光を得るという複数の励起媒質を備えるレーザ装置本来の目的を達成することができない。本願発明はこのような課題を解決すべくなされたものであり、高出力のレーザ光を得ることが可能であるとともに各励起媒質で発生する熱レンズ効果のばらつきが小さな固体レーザ装置を提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、光路上に直列に配置された複数の励起媒質と、前記励起媒質に励起光を照射するための複数の半導体レーザ装置と、前記半導体レーザ装置に電力を供給するための電源と、前

記励起媒質の励起により発生する光を共振させる共振器と、を備える固体レーザ装置において、前記電源は、前記各励起媒質で発生する熱レンズ効果の値が等しくなるように前記半導体レーザ装置に供給する電力が調整されていることを特徴とする固体レーザ装置である。また、光路上に直列に配置された複数の励起媒質と、前記励起媒質に励起光を照射するための複数の励起光源と、前記励起光源に電力を供給するための電源と、前記励起媒質の励起により発生する光を共振させる共振器と、を備える固体レーザ装置において、前記各励起媒質で発生する熱レンズ効果の値が等しくなるように、前記励起光源の温度調整をおこなう温度調整手段を備えていることを特徴とする固体レーザ装置である。また、前記励起光源は半導体レーザ装置であることを特徴とする請求項2記載の固体レーザ装置である。また、光路上に直列に配置された複数の励起媒質と、前記励起媒質に励起光を照射するための複数の励起光源と、前記励起光源に電力を供給するための電源と、前記励起媒質の励起により発生する光を共振させる共振器と、を備える固体レーザ装置において、前記各励起媒質で発生する熱レンズ効果の値が等しくなるように、前記励起媒質ごとに温度調整を行なうための温度調整手段を備えていることを特徴とする固体レーザ装置である。

【0006】また、前記励起光源は、半導体レーザ装置であることを特徴とする請求項4記載のレーザ装置である。

【0007】

【発明の実施の形態】(第1の実施の形態)図1に本発明の第1の実施の形態に係る固体レーザ装置10の構成図を示す。この固体レーザ装置10は、光共振器である出力ミラー12aおよび高反射ミラー12bと、その間隙に2つの励起モジュール20a、20bを備える2段式の固体レーザ装置10である。各励起モジュールは、YAGロッド21と、YAGロッド21を収納するためのフローチューブ22と、YAGロッド21を冷却するための冷却器23と、YAGロッド21に励起光を照射するための3つのLDスタック27、28、29と、LDスタック27、28、29を冷却するためのLD冷却器25と、LDスタック27、28、29に内蔵されるレーザダイオードに電力を供給するための電源26とから構成される。以下各構成要素について説明する。励起媒質であるYAGロッド21は、Nd(ネオジウム)を0.8at%ドープしたYAG(イットリウム-アルミニウム-ガーネット)結晶からなる。このYAGロッド21は直径10mm、長さ200mm程度の円柱形状をしており、2本のYAGロッド21a、21bが光路上に直列に配置される。

【0008】フローチューブ22は、YAGロッド21を収納する。このフローチューブ22の外側面には、後述するLDスタックから出射されたレーザ光の反射を防

止するための反射防止膜が形成されている。またフローチューブ22の内面には、レーザ光が高効率でYAGロッド21に吸収されるように、高反射コートが施されている。また、冷却器23はYAGロッド21を冷却するための冷却水をフローチューブ22内部に循環させる。励起源であるLDスタック27、28、29は、主波長807nmの励起光をYAGロッド21に照射する。このLDスタック27、28、29は、図2に示されるようにレーザダイオードを行列状に配列してスタックしたものであり、YAGロッド21の側面をp偏光で照射するように配設されている。また、YAGロッド21内の励起分布に偏りが生じないように、図3に示されるように1つのYAGロッド21の周囲に3つのLDスタック27、28、29が120度ごとに等配置されている。また、LDスタック27、28、29とYAGロッド21の間には励起光をコリメートするためのコリメータレンズ31、32、33が配置されている。また、LDスタック27、28、29を冷却するために、各LDスタックに内蔵されている放熱板内部に冷却水を循環させる機能をLD冷却器25は有する。

【0009】光共振器である高反射ミラー12bと出力ミラー12aは、励起により発生した光を共振させるよう、直列に配置された2本のYAGロッド21a、21bの両端側に配置されている。電源26はLDスタック27、28、29に内蔵されているレーザダイオードに電力を供給する。電源26は励起モジュール20a、20bごとに設けられており、YAGロッド21a、21bで発生する熱レンズ効果のばらつきが軽減され、等しくなるよう予め供給する電流値が調整されている。熱レンズ効果の値の計測、および各電源26が供給する電流の設定は以下のように行なわれる。熱レンズ効果とは、励起媒質を励起した際に媒質のレーザ光軸に対して垂直な面内に、レーザの光軸をピークとした屈折率分布が形成され、光学的には肉厚レンズと同等のふるまいをする現象である。本実施の形態に係る固体レーザ装置10では、YAGロッド21a、21bで発生する熱レンズ効果の大きさを事前に計測し、YAGロッド21a、21bで発生する熱レンズ効果のばらつきが軽減され、等しくなるようにしたものである。熱レンズ効果の大きさは以下のように計測される。

【0010】LDスタック27、28、29から励起光を照射した状態で、プローブ光をYAGロッド21に入射させる。励起光の照射によりYAGロッド21の内部には屈折率分布が生じる。このためプローブ光は所定距離はなれた位置に焦点を結ぶ。この後方焦点距離の値を熱レンズ効果の値とここで定義する。図4に、各モジュールに備わるレーザダイオードに供給する電流の合計を横軸にとり、YAGロッド21a、21bごとの後方焦点距離を縦軸にとったグラフを示す。電流値が大きいほど後方焦点距離が短くなるのは、大きな電流を流して励

起光のエネルギー出力が大きくなるほど励起媒質内部の屈折率分布の偏りが大きくなって発生する熱レンズ効果が顕著になるためである。また、電流値が同じでも励起媒質ごとに後方焦点距離が異なるのは、レーザダイオードごとに主波長が±3 nmほどのばらつきを有することと、レーザダイオードごとに発光効率が10～20%ほどのばらつきを有することが原因となっている。いま、励起媒質の後方焦点距離が等しいときの電流の違いは約2 Aである。従って、励起モジュール20 aに備わるレーザダイオードに供給する電流を、励起モジュール20 bに備わるレーザダイオードに供給する電流より2 A多くなるように電源26 a、26 bは予め調整されている。

【0011】レーザダイオードから出射されるレーザ光は、スペクトル幅が数nmと狭くかつレーザダイオードによって主波長が±3 nm程度のばらつきを有する。また、励起媒質であるYAGロッド21の吸収効率は数nmの波長の差によって大きく異なる。さらにレーザダイオードの発光効率は10～20%の個体差を生じる。このため、同一の電流を供給して励起媒質を励起させたとしても、励起媒質で発生する熱レンズ効果の大きさは異なる。また、わずかな電流変化に対して熱レンズ効果は大きく変化する。本発明はこのような、

(1) 同一の電流を流しても各励起媒質で発生する熱レンズ効果の大きさは異なること (2) 熱レンズ効果の大きさの変化は、電流の変化に対して大きいことを鑑みてなされたものであり、各励起媒質で発生する熱レンズ効果の値が等しくなるように、レーザダイオードに供給する電力を調整したものである。また、このような構成を実現するために、予め励起媒質ごとに発生する熱レンズ効果の値と供給する電流の関係を計測したものである。このようにすることによって、熱レンズ効果のばらつきが小さく、かつ高出力のレーザ装置を提供することができ

【0012】なお、励起源は2次元LDアレイレーザ等他の半導体レーザ光源でも良い。また、励起媒質はNd:YAGに限られず他の物質でも適用可能である。また、LDスタック27、28、29の数は3つに限られない。例えばLDスタックとYAGロッドを一对一にしても良い。また、電源26はLDスタック27、28、29ごとに配設して、LDスタック27、28、29ごとの出力効率の差異を加味して供給電流を調整しても良い。また励起媒質は2つに限られず例えば4つのYAGロッド21を直列に配列しても良い。また、励起源は必ずしも一つの励起媒質単位で配設する必要も無く、たとえば2つの励起媒質に対して励起光を照射するようにしても良い。なお、本発明における「各励起媒質における熱レンズ効果の値が等しくなるように」とは、各励起媒質における熱レンズ効果の値の差が小さくなることをいい、必ずしも各励起媒質における熱レンズ効果の値が同

一になることを意味するものではない。また、熱レンズ効果の値は、本実施の形態に示された方法に限られず、例えば所定距離離れた位置におけるプローブ光のビーム径を測定し、そのビーム径の値を熱レンズ効果の値としても良い。その他本実施の形態は同様の趣旨において種々変形可能である。

【0013】(第2の実施の形態) 第2の実施の形態に係る固体レーザ装置40は、励起源の温度を制御することにより、各励起媒質で発生する熱レンズ効果の値が等しくなるようにしたものである。すなわち第1の実施の形態との変更点は、各励起モジュール43に備わるレーザダイオードに供給する電流値を励起モジュールごとに変化させなくするとともに、各LDスタック27、28、29を冷却するためのLD冷却器41 a、41 bの温度設定を励起モジュールごとに調整設定することにより、励起媒質ごとの熱レンズ効果が等しくなる構成としたものである。なお第1の実施の形態にかかる固体レーザ装置40の構成と同じ機能を奏する構成要素については同じ番号を付し、説明を省略する。第2の実施の形態においては、励起モジュール42 a、42 bごとに、LDスタック27、28、29の動作温度およびレーザダイオードに供給する電流をパラメータにとって、第1の実施の形態と同様にYAGロッド21にプローブ光を入射させてその焦点距離を計測する。図6にその計測結果を示す。実線が励起モジュール42 aについての後方焦点距離を示し、破線が励起モジュール42 bについての後方焦点距離を示している。励起モジュール42 aのLDスタックの動作温度が25度のときの後方焦点距離と、励起モジュール42 bのLDスタックの動作温度が30度のときの後方焦点距離がほぼ一致することがわかる。したがって、LDスタックを冷却するための冷却水の温度を励起モジュール42 aにあては25度、励起モジュール42 bにあては30度と各LD冷却器41 a、bを調整することによって、各励起媒質で発生する熱レンズ効果の大きさを略等しくすることが可能となる。

【0014】励起源に半導体レーザ光源を用いた場合、半導体レーザ光源の動作温度によって半導体レーザ光源からの励起光の中心波長を制御することが出来る。半導体レーザ光源の波長は約807 nmに励起媒質であるYAGロッドへの吸収ピークがあり、このとき励起媒質の熱レンズ効果が最大になる。本実施の形態に示された固体レーザ装置においては、予めLDスタックの動作温度ごとに各励起媒質で発生する熱レンズ効果の値を計測しこの計測結果に基づいて各LDスタックの温度調整をしたため、各励起媒質で発生する熱レンズ効果の大きさのばらつきを軽減し、等しくすることが可能となる。なお冷却手段は本実施の形態に限られず、冷却媒体を用いた方式や空冷の方式その他の冷却方式を用いることも可能である。また、励起光源は半導体レーザ装置に限られず例

えばフラッシュランプ等の光源を用いても良い。その他本実施の形態は第1の実施の形態で示されたのと同様に種々変形可能である。

(第3の実施の形態) 第3の実施の形態に係る固体レーザー装置は、励起媒質であるYAGロッドの温度調整を行うことにより、各YAGロッドで発生する熱レンズ効果の値のばらつきを軽減するためのものである。すなわち、YAGロッドの冷却温度およびモジュールに備わるレーザーダイオードに流す電流をパラメータにとってプロープ光の後方焦点距離を計測し、この結果に基づいて各励起媒質の温度調整を行う。具体的には、YAGロッドを収納するフローチューブ内を循環する冷却水の温度を調整することによりYAGロッドの温度調整が可能になる。励起媒質の温度が低下するほど熱レンズ効果の大きさが小さくなることに着目し、事前に励起媒質の温度ごとの熱レンズ効果の大きさを計測してその計測結果に基づいて温度調整をした。このため冷却水の温度調整をするだけで、各励起媒質で発生する熱レンズ効果の大きさのばらつきを軽減することができる。なお、本願発明は本実施の形態に限られず、前記実施の形態で示されたのと同様に種々変形可能である。また、前記実施の形態を組み合わせることも可能である。たとえば、励起源に供給する電力量、励起源の動作温度、励起媒質の冷却温度をパラメータにとって、励起媒質で発生する熱レンズ効果の大きさを計測し、この結果に基づいて各パラメータを決定することも可能である。

【0015】

【発明の効果】 各励起媒質で発生する熱レンズ効果の大きさを各種パラメータごとに計測し、その計測結果に基づいて固体レーザー装置を構成したので、高出力のレーザー光を得ることが可能であるとともに各励起媒質で発生する熱レンズ効果が等しい固体レーザー装置を提供することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施の形態にかかる固体レーザー装置の構成を模式的に示した図。

【図2】 第1の実施の形態に係るLDスタックを模式的に示した図。

【図3】 第1の実施の形態においてYAGロッドに励起光が照射されていることを模式的に示した図。

【図4】 第1の実施の形態において励起媒質ごとの後方焦点距離を励起モジュールに供給する電流ごとに計測して得られたグラフ。

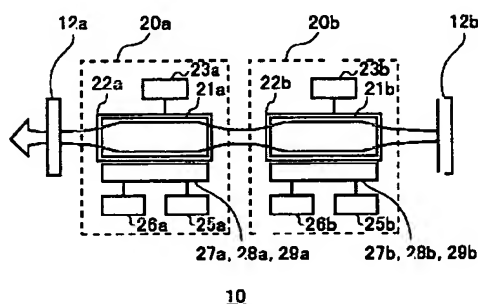
【図5】 第2の実施の形態にかかる固体レーザー装置を模式的に示した図。

【図6】 第2の実施の形態において励起媒質ごとの後方焦点距離を励起源の動作温度ごとに計測して得られたグラフ。

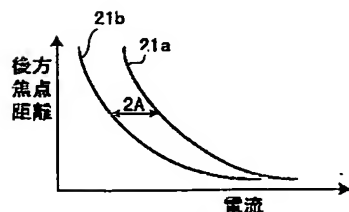
【符号の説明】

- 10 固体レーザー装置、
- 20a, 20b 励起モジュール、
- 21a, 21b YAGロッド、
- 25a, 25b LD冷却器、
- 26a, 26b 電源。

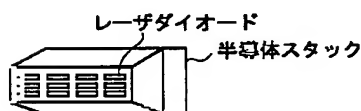
【図1】



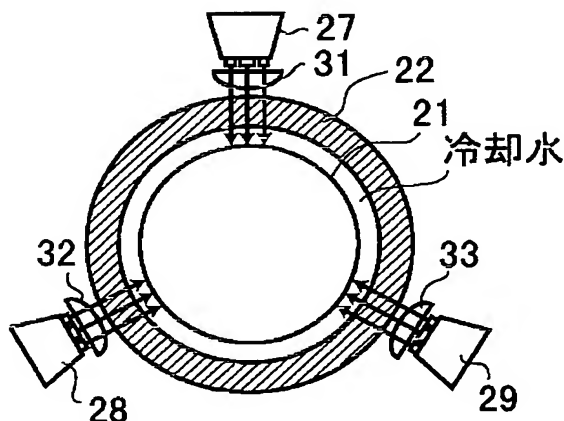
【図4】



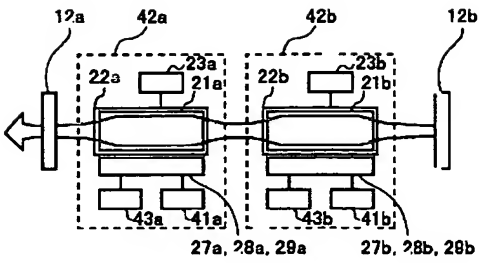
【図2】



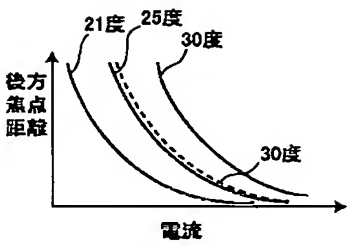
【図3】



【図5】



【図6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.